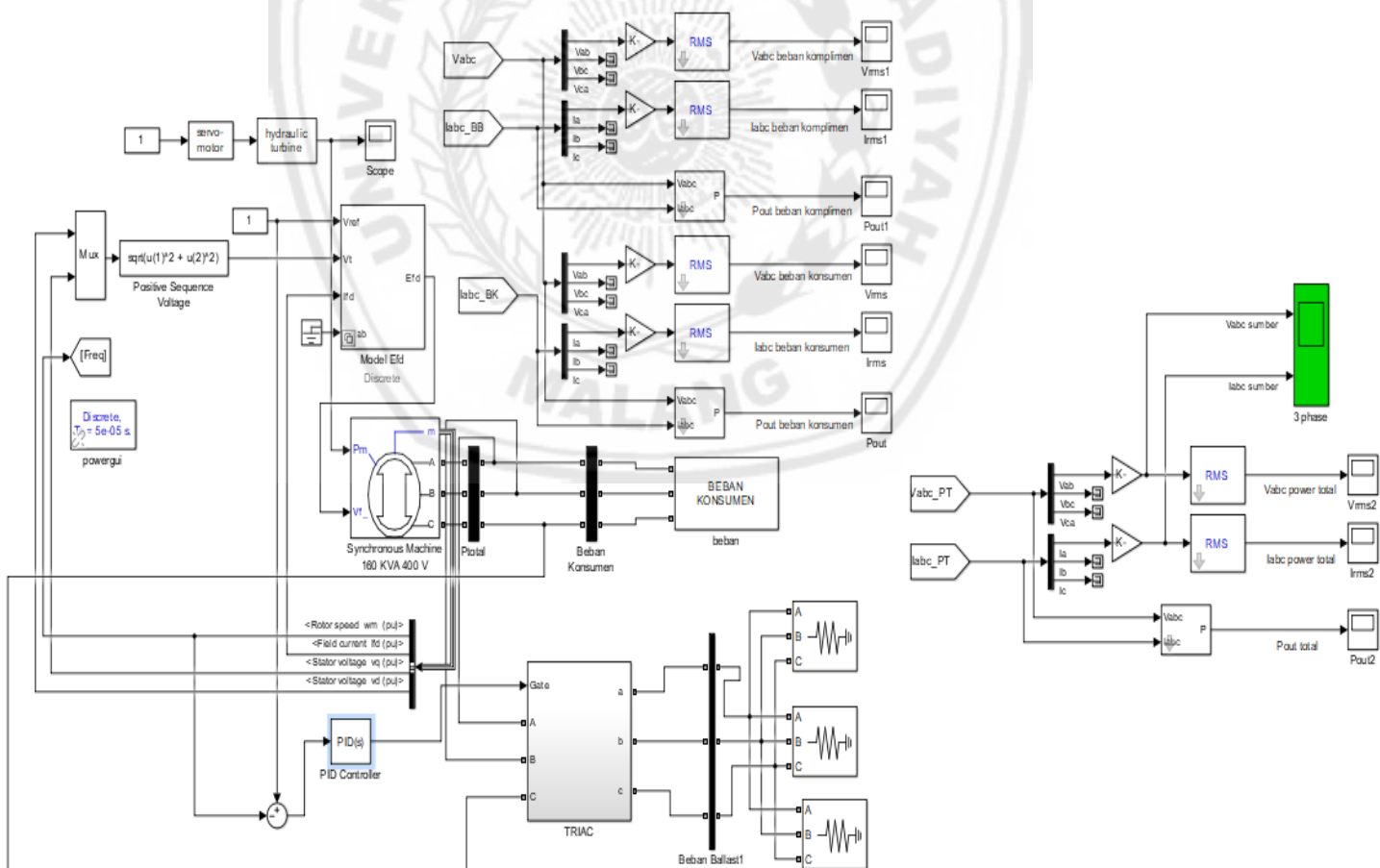


BAB III

Pada perancangan sistem ini dilakukan untuk menunjukkan kondisi pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan sistem kontrol PID 3 step beban. Pada dasarnya pemodelan sistem menggunakan MATLAB R2013b sebagai acuan untuk menjalankan pemodelan sistem menggunakan sistem kontrol PID.

3.1 Perancangan Pemodelan Sistem Simulink Pada MATLAB

Dalam perancangan pemodelan sistem yang menggunakan MATLAB pada dasarnya gambar 3.1 sebagai acuan untuk merancang model sistem pada simulink. Berikut ini *simulink* yang di hasilkan untuk menjalankan sistem terkontrol dengan PID.

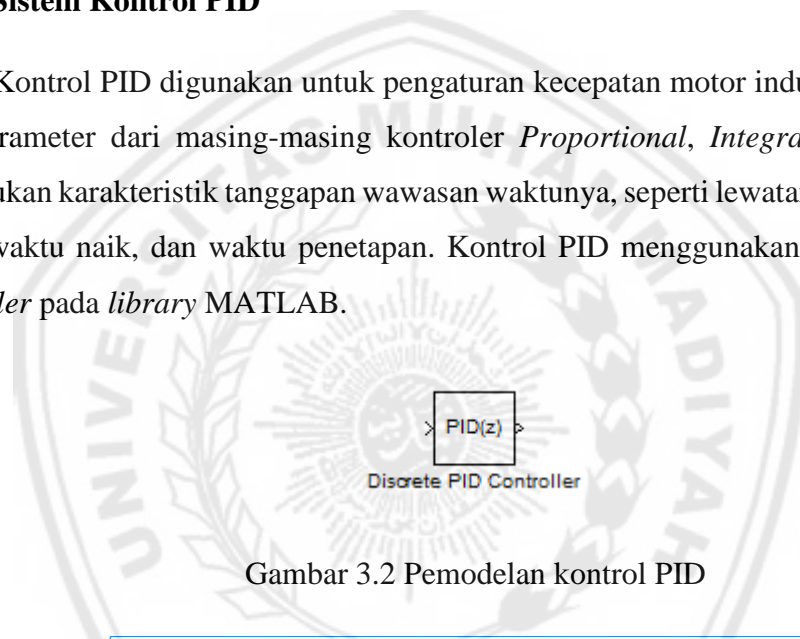


Gambar 3.1 Pemodelan sistem dengan *simulink* pada MATLAB

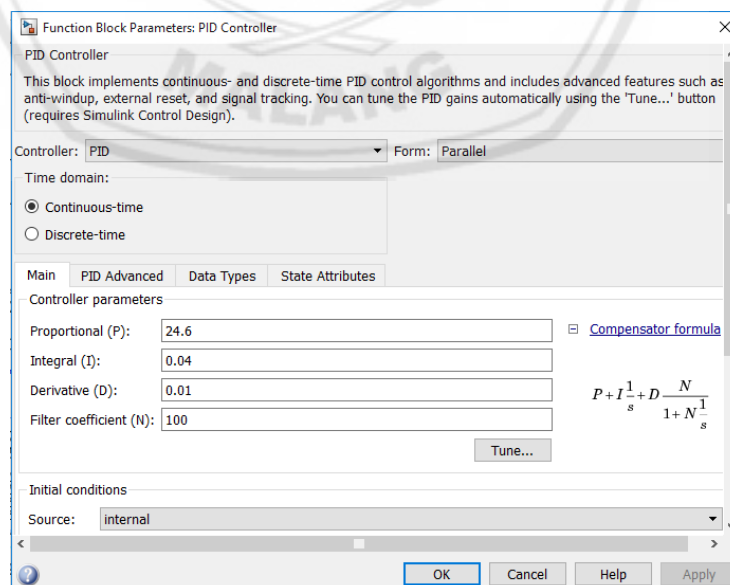
Dalam gambar 3.1 terdapat field voltage (Efd) sebagai menjalankan tegangan dalam generator sinkron. Kemudian untuk memperoleh Efd memerlukan tegangan referensi (Vref), terminal voltage (Vt), field current (Ifd) dan Vstab. Tegangan referensi di peroleh dari kekuatan turbin, kekuatan turbin sendiri satuan dari motor servo dengan hydraulic turbine yang berfungsi sebagai power mechanic generator sinkron. Kemudian terdapat frekuensi sebagai umpan balik dan pengontrolan PID pada beban ballast. Setelah itu terdapat TRIAC sebagai pembangkit PWM (pulse width modulation) untuk pensaklaran beban ballast.

3.2 Sistem Kontrol PID

Kontrol PID digunakan untuk pengaturan kecepatan motor induksi. Dari pencarian nilai parameter dari masing-masing kontroler *Proportional*, *Integral*, *Derivative* dapat menentukan karakteristik tanggapan wawasan waktunya, seperti lewat maksimum, waktu tunda, waktu naik, dan waktu penetapan. Kontrol PID menggunakan jenis *Discrete* PID Controller pada library MATLAB.



Gambar 3.2 Pemodelan kontrol PID



Gambar 3.3 Blok parameter kontrol PID

3.3 Pemodelan TRIAC (*TRIode for Alternating Current*)

TRIAC, atau *Triode for Alternating Current* (*Trioda untuk arus bolak-balik*) adalah sebuah komponen elektronik yang kira-kira ekuivalen dengan dua SCR yang disambungkan antiparalel dan kaki gerbangnya disambungkan Bersama. *Triac* merupakan komponen semikonduktor yang tersusun atas diode empat lapis berstruktur p-n-p-n dengan tiga p-n *junction*. *Triac* memiliki tiga buah elektrode, yaitu: *gate*, MT1, MT2. *Triac* biasanya digunakan sebagai pengendali dua arah (*bi-directional*). Apabila kita akan menggunakan triac dalam pembuatan perangkat atau sistem kontrol elektronik, ada beberapa hal yang harus diketahui dalam memilih triac sebagai berikut.

Parameter TRIAC yang digunakan sebagai berikut :

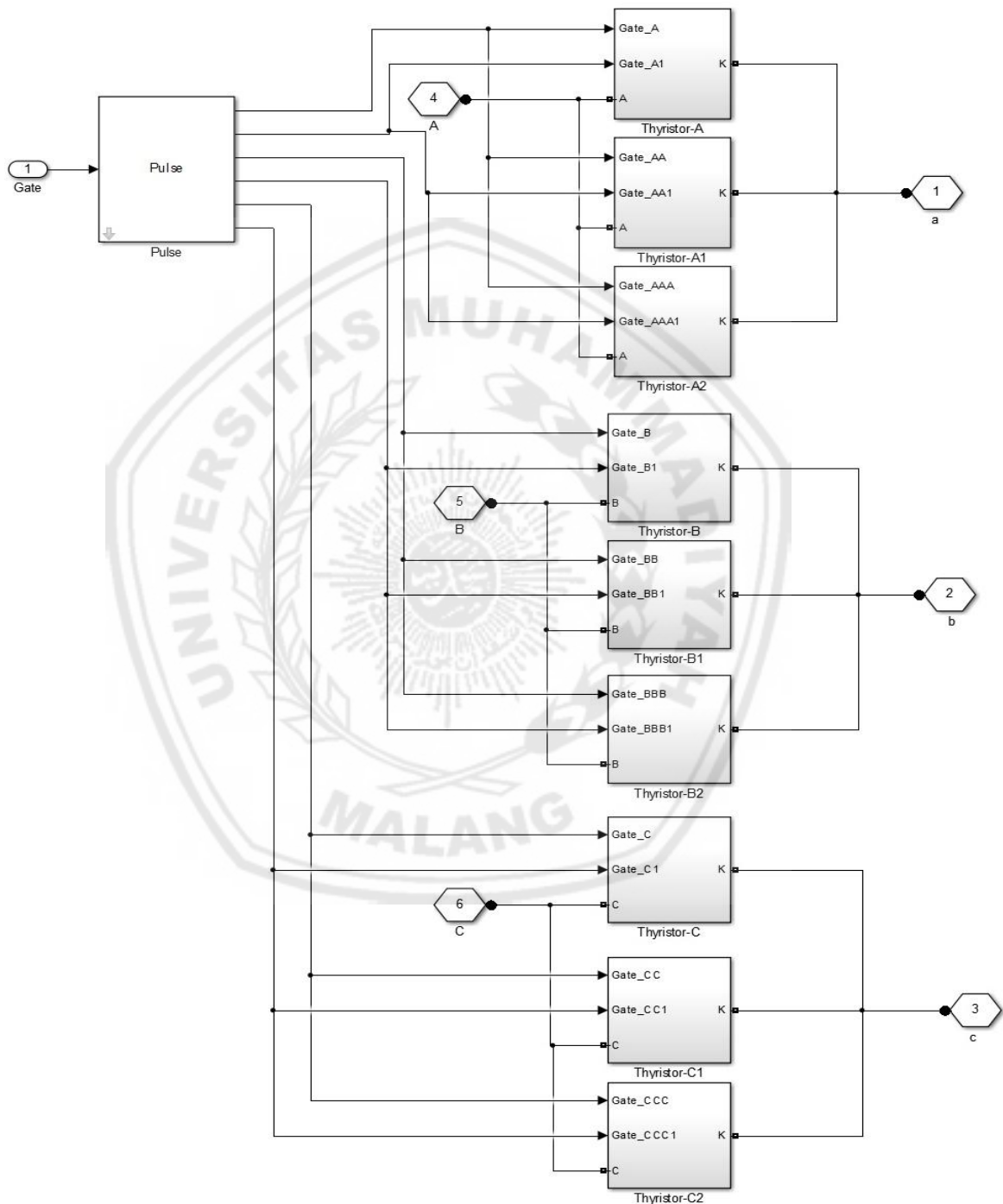


| Parameters |
|-----------------|
| Frequency (Hz) |
| 50 |
| Phase (degrees) |
| 180 |
| sample time |
| 5e-05 |

Gambar 3.4 Parameter TRIAC

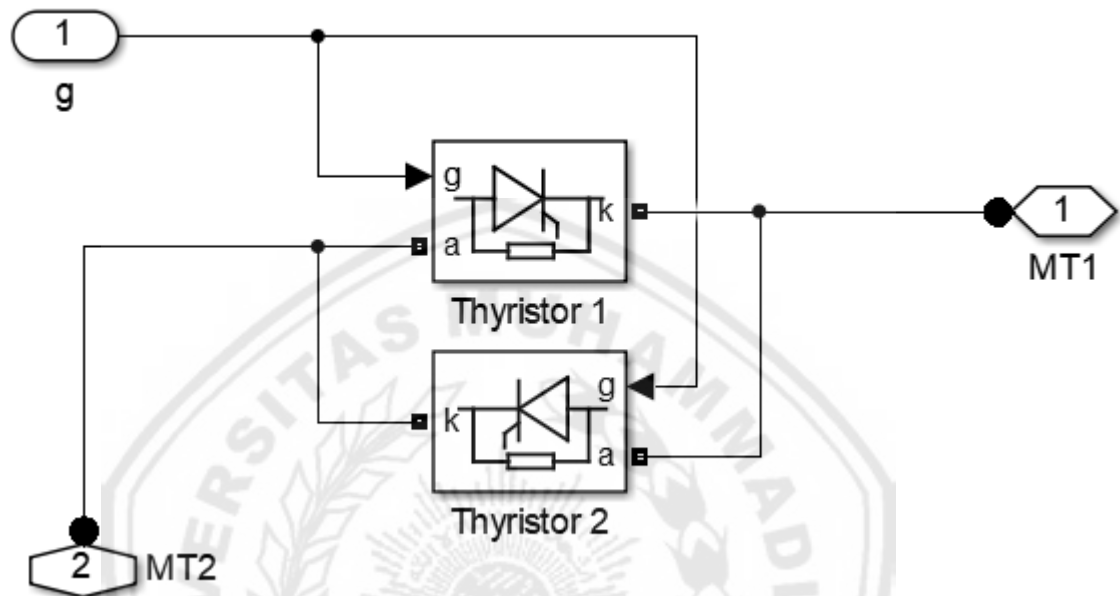
Triac akan tersambung (*on*) ketika berada di *quadran I* yaitu saat arus positif kecil melewati terminal *gate* ke MT1, dan polaritas MT2 lebih tinggi dari MT1, saat *triac* terhubung dan rangkaian *gate* tidak memegang kendali, maka *triac* tetap tersambung selama polaritas MT2 tetap lebih tinggi dari MT1 dan arus yang mengalir lebih besar dari arus genggamnya (*holding current/I_h*), dan *triac* juga akan tersambung saat arus negatif melewati terminal *gate* ke MT1, dan polaritas MT1 lebih tinggi dari MT2, dan *triac* akan tetap terhubung walaupun rangkaian *gate* tidak memegang kendali selama polaritas MT1 lebih tinggi dari MT2. Selain dengan cara memberi pemicuan melalui terminal *gate*, *triac* juga dapat dibuat tersambung (*on*) dengan cara memberikan tegangan yang tinggi sehingga melampaui tegangan *breakover*-nya terhadap terminal MT1 dan MT2, namun cara ini tidak diizinkan karena dapat menyebabkan *triac* akan rusak.

Pada saat *triac* tersambung (*on*) maka tegangan jatuh maju antara terminal MT1 dan MT2 sangatlah kecil yaitu berkisar antara 0.5volt sampai dengan 2 volt. Kemudian berikut ini model simulink TRIAC di MATLAB:



Gambar 3.5 Model TRIAC

Dalam model TRIAC tersebut terdapat model pulse untuk membangkitkan PWM dengan inputan gate yang bersumber dari pengontrolan PID dan akan menuju ke thyristor A, B, C. Berikut ini aplikasi thyristor A, B, C di dalam simulink di tunjukkan pada gambar 3.6

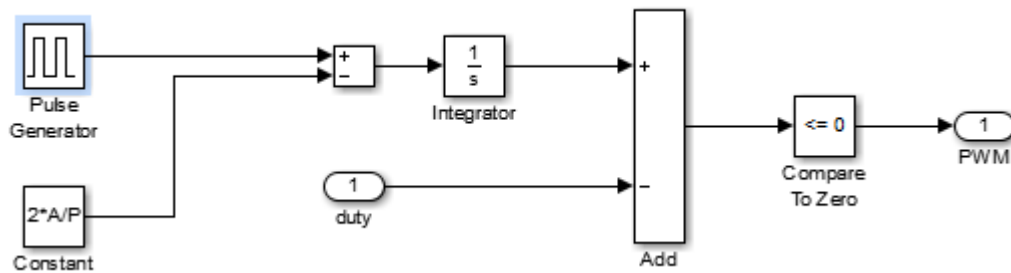


Gambar 3.6 Model thrystor A, B, C

Pada gambar 3.6 menjelaskan g dan MT2 merupakan masukan terhadap thrystor untuk menuju MT1. MT2 merupakan inputan tegangan alternating current sedangkan g merupakan gate pulsa yang akan di bangkitkan oleh PWM, kemudian thrystor sendiri sebagai saklar ke MT1.

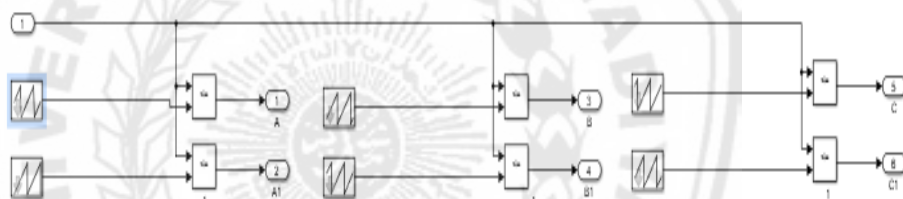
3.4 Pemodelan PWM (Pulse Width Modulation)

PWM (Pulse Width Modulation) merupakan salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (duty cylce) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Berikut ini rancangan PWM di simulink MATLAB.



Gambar 3.7 Pemodelan parameter indikator PWM

Pada rancangan gambar 3.7 menjelaskan rancangan PWM sebagai pembangkit pulsa dengan acuan pulse generator sebagai masukan ke integrator untuk memproses terjadinya pulsa antara penjumlahan integrator dengan selisih duty cycle menjadi compare to zero dengan tipe data boolean. Kemudian indikator yang digunakan dalam mengeluarkan pulsa pada sistem sebagai berikut :



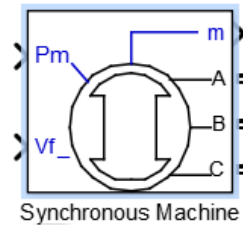
Gambar 3.8 Rancangan pulse

Pada rancangan pulse tersebut memiliki 3 step pensaklaran yaitu pensaklaran pada switch A, switch B dan switch C.

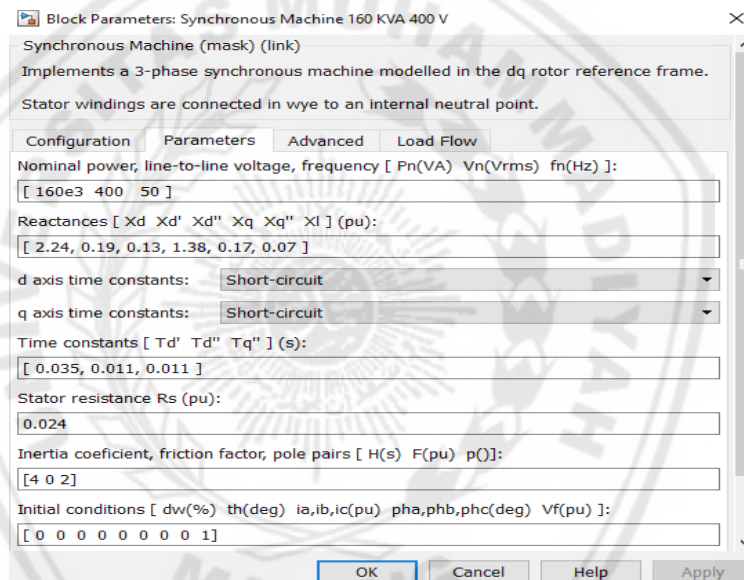
3.5 Pemodelan Generator Sinkron

Generator sinkron serupa dengan motor induksi pada mana keduanya mempunyai belitan stator yang menghasilkan medan putar. Tidak seperti motor induksi, motor sinkron dieksitasi oleh sebuah sumber tegangan dc di luar mesin dan karenanya membutuhkan *slip ring* dan sikat (*brush*) untuk memberikan arus kepada rotor. Pada motor sinkron, rotor terkunci dengan medan putar dan berputar dengan kecepatan sinkron. Jika motor sinkron dibebani ke titik dimana rotor ditarik keluar dari keserempakannya dengan medan putar, maka tidak ada torque yang dihasilkan, dan motor akan berhenti. Generator sinkron bukanlah *self-starting* motor karena torque hanya akan muncul ketika motor bekerja pada kecepatan sinkron; karenanya motor memerlukan peralatan untuk membawanya kepada

kecepatan sinkron. Generator sinkron menggunakan rotor belitan. Jenis ini mempunyai kumparan yang ditempatkan pada *slot* rotor. Slip ring dan sikat digunakan untuk mensuplai arus kepada rotor.

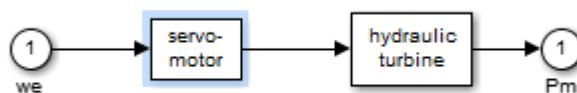


Gambar 3.9 Model Generator Sikron



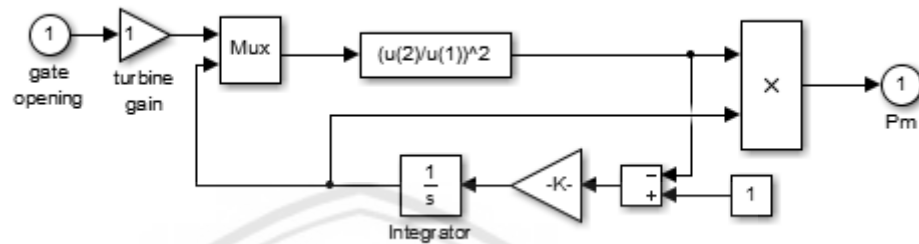
Gambar 3.10 Blok Parameter Generator

Dalam model generator sinkron ini memiliki daya 160 KVA, tegangan 400 Vrms dan frekuensi 50 Hz. Kemudian koefisiensinya inersianya 4, faktor gesekan 0 dan jumlah kutubnya 2 dengan resistansi stator 0.024 ohm. Kemudian power mekanik yang dihasilkan turbin sebagai berikut rancangan :



Gambar 3.11 Rancangan Turbin

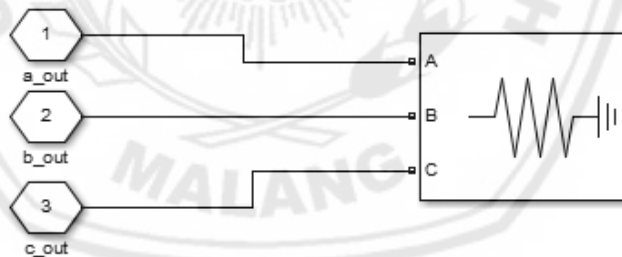
Dengan masukan tegangan referensi berupa (w_e) menuju ke motor servo menuju hydraulic turbine yang sangat penting bagi pembangkit tenaga listrik mikrohidro dengan mengubah energi mekanik berupa air ke energi listrik yang akan menuju ke power machine. Berikut ini model servo motor dan hydraulic turbine :



Gambar 3.12 Rancangan hydraulic turbine

3.6 Ballast Load

Ballast load merupakan Beban komplemen yang digunakan adalah beban jenis resitif yang di rangkai bintang (Y) dengan kemampuan menyerap daya sebesar 120 KW yang dihubungkan dengan *output triac*.



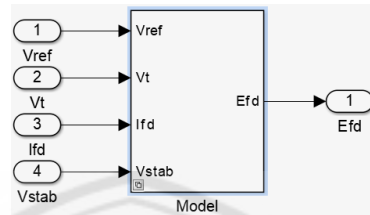
Gambar 3.13 Model *Ballast Load*

Tabel 3.1 Parameter *Ballast Load*

| Parameter | value |
|---|--------------|
| <i>Configuration Nominal Phase-to-phase</i> | Y (grounded) |
| <i>voltage Vn (Vrms)</i> | 400 |
| <i>Nominal frequency fn (Hz)</i> | 50 |
| <i>Active Power P (W)</i> | 120e3 |
| <i>Inductive reactive power Ql (var)</i> | 0 |
| <i>Capacitive reactive power Qc (var)</i> | 0 |

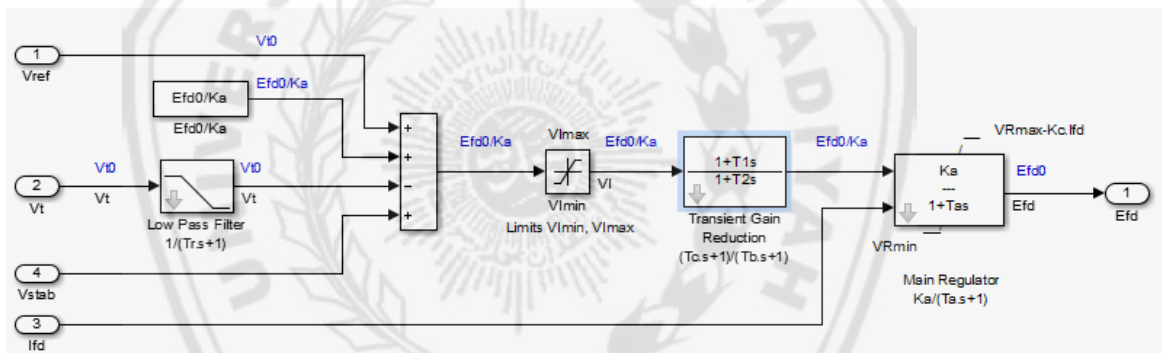
3.7 Pemodelan Efd atau *Field Voltage*

Pada pemodelan Efd ini merupakan bagian penting untuk menimbulkan tegangan terhadap generator sinkron. Dalam pemodelan Efd memerlukan beberapa inputan seperti tegangan refrensi (V_{ref}), field current (I_{fd}), stator voltage (V_t) dan V_{stab} yang digroundkan. Berikut ini pemodelan Efd pada simulink MATLAB :



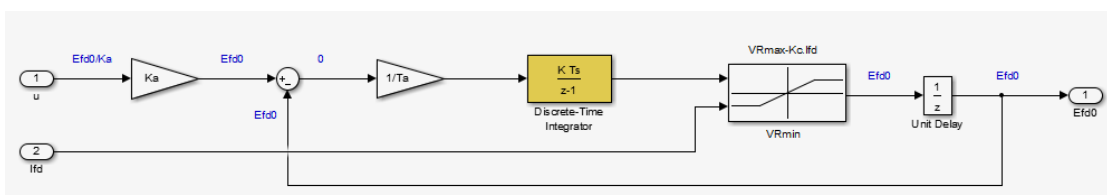
Gambar 3.14 Model Efd atau *Field Voltage*

Di dalam model Efd terdapat serangkaian model yang akan di tunjukkan pada gambar 3. 15 sebagai berikut :



Gambar 3.15 Rangkain model *Field Voltage*

Pada gambar 3.15 menunjukkan penjumlahan V_{ref} kemudian hasil dari pembagian antara *field voltage* awal dengan voltage regulator, V_{stab} dan selisih dari V_t yang sudah *low pas filter*, kemudian akan dihubungkan ke voltage regulator input limite dan transien *gain*. Transien gain tersebut sebagai *led-lag filter* atau penguatan, setelah itu akan di hubungkan ke main regulator dengan I_{fd} sebagai finishing proses Efd. Di dalam rangkaian main regulator dapat di tunjukkan sebagai berikut :



Gambar 3.16 Rangkain *Main Regulator*

Dalam rangkaian main regulator membutuh voltage regulator gain (K_a) dan time constant (T_a) yang akan di hubungkan bersamaan dengan field current (I_{fd}) menuju ke voltage regulator output limit maximum (V_{Rmax}) dan voltage regulator output limit minimum (V_{Rmin}). Berikut ini data-data yang diperoleh dari model Efd :

Tabel 3.2 Data Efd atau field voltage

| | |
|--|-------------|
| Voltage regulator gain (K_a) | 200 volt |
| Time constant (T_a) | 0.015 sekon |
| V_{min} | -10 |
| V_{max} | 10 |
| V_{rmin} | 5.64 |
| V_{rmax} | -4.53 |
| V_{ref} | 400 volt |
| Transient gain reduction led-lag time constant | 10 1.0 |
| V_{fd0} | 1 |
| Sample time | 5 e-05 |

